

# METHOD FOR CONTROLLING THE HANDLING-STABILITY-OF-A VEHICLE

**Patent number:** DE10103629

**Publication date:** 2001-12-06

**Inventor:** SCHAFFERUS HOLGER (DE); BREMEIER VOLKER (DE)

**Applicant:** CONTINENTAL TEVES AG & CO OHG (DE)

**Classification:**

- international: B60T8/60; B60T8/00; B60K28/16

- european: B60T8/00B10H

**Application number:** DE20011003629 20010127

**Priority number(s):** DE20011003629 20010127; DE20001020892 20000428; DE20001060073 20001201

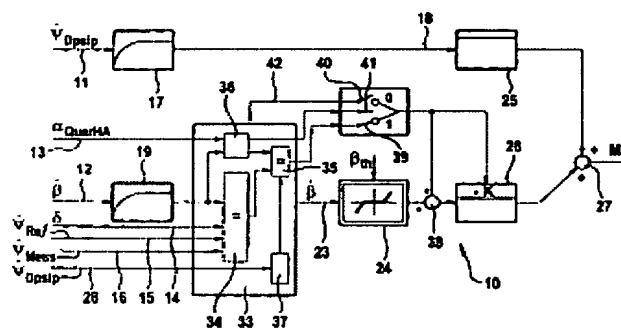
Also published as:

WO0183277 (A)

Abstract not available for DE10103629

Abstract of correspondent: **WO0183277**

The invention relates to a method for controlling the handling stability of a vehicle. According to said method, a float-angle velocity is determined in accordance with input variables and said float-angle velocity is taken into consideration during the determination of pressures for the individual brakes of the vehicle, in such a way that the handling stability is increased by the intervention of the brakes on individual wheels. The invention is characterized in that a dynamic lane-change manoeuvre is detected using a valuation of variables which reflect the desired and actual handling behaviour of the vehicle, in addition to a control situation and that an intervention of the brakes is undertaken, based on the result of the valuation, said intervention reducing the float angle.



Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



**DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT**

**Offenlegungsschrift**  
**DE 101 03 629 A 1**

⑤ Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**B 60 T 8/60**  
B 60 T 8/00  
B 60 K 28/16

(21) Aktenzeichen: 101 03 629.9  
 (22) Anmeldetag: 27. 1. 2001  
 (43) Offenlegungstag: 6. 12. 2001

66 Innere Priorität:

|               |              |
|---------------|--------------|
| 100 20 892. 4 | 28. 04. 2000 |
| 100 60 073. 5 | 01. 12. 2000 |

71) Anmelder:  
Continental Teves AG & Co. oHG, 60488 Frankfurt,  
DE

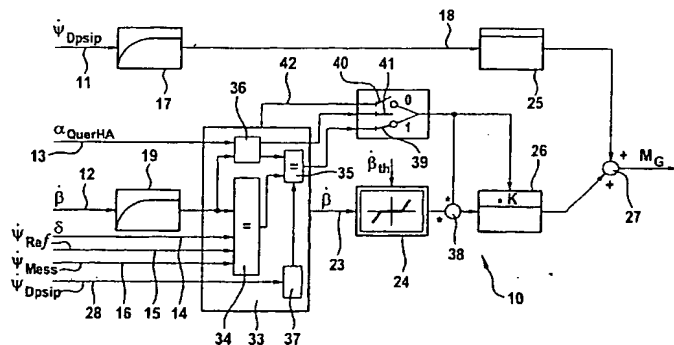
(72) Erfinder:  
Bremeier, Volker, 65934 Frankfurt, DE; Schafferus,  
Holger, 60439 Frankfurt, DE

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

Rechercheantrag gem. Paragraph 43 Abs. 1 Satz PatG ist gestellt

⑤4 Verfahren zur Regelung der Fahrstabilität eines Fahrzeugs

57 Verfahren zur Regelung der Fahrstabilität eines Fahrzeugs, bei dem in Abhängigkeit von Eingangsgrößen eine Schwimmwinkelgeschwindigkeit ermittelt wird, und diese Schwimmwinkelgeschwindigkeit bei der Ermittlung der Drücke für die einzelnen Bremsen des Fahrzeugs berücksichtigt wird, so daß durch radindividuelle Bremseneingriffe die Fahrstabilität erhöht wird, dadurch gekennzeichnet, daß eine hochdynamische Spurwechselsituation anhand der Bewertung von Größen, die das gewünschte und tatsächliche Fahrverhalten des Fahrzeugs und eine Regelungssituation wiedergeben, ermittelt wird und daß in Abhängigkeit von dem Bewertungsergebnis ein Eingriff in die Bremsen vorgenommen wird, der zu einer Verringerung des Schwimmwinkels führt.



**DE 101 03 629 A 1**

**DE 101 03 629 A 1**

- [0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Regelung der Fahrstabilität eines Fahrzeugs, bei dem in Abhängigkeit von Eingangsgrößen eine Schwimmwinkelgeschwindigkeit ermittelt wird, und diese Schwimmwinkelgeschwindigkeit bei der Ermittlung der Drücke für die einzelnen Bremsen des Fahrzeugs berücksichtigt wird, so daß durch radindividuelle Bremseneingriffe die Fahrstabilität erhöht wird.
- [0002] Um Fahrzeuginstabilitäten selbsttätig entgegenzuwirken sind eine Vielzahl von Fahrstabilitätsregelungen bekannt geworden. Unter dem Begriff Fahrstabilitätsregelung vereinigen sich vier Prinzipien zur Beeinflussung des Fahrverhaltens eines Fahrzeugs mittels vorgegebener Drücke bzw. Bremskräfte in oder an einzelnen Radbremsen und mittels Eingriff in das Motormanagement des Antriebsmotors. Dabei handelt es sich um Bremsschlupfregelung (ABS), welche während eines Bremsvorgangs das Blockieren einzelner Räder verhindern soll, um Antriebsschlupfregelung (ASR), welche das Durchdrehen der angetriebenen Räder verhindert, um elektronische Bremskraftverteilung (EBV), welche das Verhältnis der Bremskräfte zwischen Vorder- und Hinterachse des Fahrzeugs regelt sowie um eine Giermomentregelung (ESP), welche für stabile Fahrzustände beim Gieren des Fahrzeugs um die Hochachse sorgt.
- [0003] Mit Fahrzeug ist also in diesem Zusammenhang ein Kraftfahrzeug mit vier Rädern gemeint, welches mit einer hydraulischen, elektrohydraulischen oder elektromechanischen Bremsanlage ausgerüstet ist. In der hydraulischen Bremsanlage kann mittels eines pedalbetätigten Hauptzylinders vom Fahrer ein Bremsdruck aufgebaut werden, während die elektrohydraulischen und Bremsanlagen eine vom zensierten Fahrerbremswunsch abhängige Bremskraft aufbauen. Im Folgenden wird auf eine hydraulische Bremsanlage Bezug genommen. Jedes Rad besitzt eine Bremse, welcher jeweils ein Einlaßventil und ein Auslaßventil zugeordnet sind. Über die Einlaßventile stehen die Radbremsen mit dem Hauptzylinder in Verbindung, während die Auslaßventile zu einem drucklosen Behälter bzw. Niederdruckspeicher führen. Schließlich ist noch eine Hilfsdruckquelle vorhanden, welche auch unabhängig von der Stellung des Bremspedals einen Druck in den Radbremsen aufzubauen vermag. Die Einlaß- und Auslaßventile sind zur Druckregelung in den Radbremsen elektromagnetisch betätigbar.
- [0004] Zur Erfassung von fahrdynamischen Zuständen sind vier Drehzahlsensoren, pro Rad einer, ein Giergeschwindigkeitsmesser, ein Querbeschleunigungsmesser und mindest ein Drucksensor für den vom Bremspedal erzeugten Bremsdruck vorhanden. Dabei kann der Drucksensor auch ersetzt sein durch einen Pedalweg- oder Pedalkraftmesser, falls die Hilfsdruckquelle derart angeordnet ist, daß ein vom Fahrer aufgebauter Bremsdruck von dem der Hilfsdruckquelle nicht unterscheidbar ist.
- [0005] Bei einer Fahrstabilitätsregelung wird das Fahrverhalten eines Fahrzeugs derart beeinflußt, daß es für den Fahrer in kritischen Situationen besser beherrschbar wird. Eine kritische Situation ist hierbei ein instabiler Fahrzustand, in welchem im Extremfall das Fahrzeug den Vorgaben des Fahrers nicht folgt. Die Funktion der Fahrstabilitätsregelung besteht also darin, innerhalb der physikalischen Grenzen in derartigen Situationen dem Fahrzeug das vom Fahrer gewünschte Fahrzeugverhalten zu verleihen.
- [0006] Während für die Bremsschlupfregelung, die Antriebsschlupfregelung und die elektronische Bremskraftverteilung in erster Linie der Längsschlupf der Reifen auf der Fahrbahn von Bedeutung ist, fließen in die Giermomentregelung (GMR) weitere Größen ein, beispielsweise die Gierwinkelgeschwindigkeit, Querbeschleunigung und die Schwimmwinkelgeschwindigkeit. Die Giermomentenregelung ermittelt in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit des Fahrzeugs und dem vom Fahrer eingestellten Lenkwinkel, eine (Soll- oder) Referenzgierwinkelgeschwindigkeit, die mit der tatsächlichen Gierwinkelgeschwindigkeit verglichen wird. Aufgrund der Abweichung dieser beiden Werte wird ein Zusatzdrehmoment errechnet, so daß durch eine individuelle Ansteuerung der Bremsen ein Zusatzgiermoment realisiert wird. Zur Bestimmung eines korrigierten Zusatzdrehmoments wird die gemessene oder aus zur Verfügung stehenden Größen abgeleitete Schwimmwinkelgeschwindigkeit des Fahrzeugs herangezogen.
- [0007] Bei Fahrmanövern, wie beim Spurwechsel u. dgl., mit heftigen Einlenk- und Gegenlenkaktionen, können Schwimmwinkel aufgebaut werden. Die Giermomentenregelung (ESP-Regelung) kann diesen Schwimmwinkel aufbau aufgrund der hochdynamischen Lastwechselmanöver nicht erfassen, da die gefilterten Meßgrößen Ist-Gierwinkelgeschwindigkeit ( $\dot{\Psi}_{\text{Mess}}$ ) und Querbeschleunigung an der Hinterachse des Fahrzeugs ( $a_{\text{QuerHA}}$ ) den Signalen Referenzgierwinkelgeschwindigkeit ( $\dot{\Psi}_{\text{Ref}}$ ), Lenkwinkel ( $\delta$ ) und Schwimmwinkelgeschwindigkeit an der Hinterachse ( $\dot{\beta}_{\text{HA}}$ ) zeitlich nacheilen, und die für eine Berechnung eines Zusatzdrehmoments auf der Grundlage der Schwimmwinkelgeschwindigkeit geforderten Bedingungen daher zu einem Zeitpunkt vorliegen, wo der maximale Schwimmwinkel sich in der Regel bereits aufgebaut hat.
- [0008] Wünschenswert wäre es, den Fahrer auch bei instabilen Fahrsituationen, die von hochdynamischen Lastwechselmanövern ausgehen, zu unterstützen oder diesen so entgegenzuwirken, daß kritische Fahrsituationen erst gar nicht entstehen können.
- [0009] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Regelung der Fahrstabilität zu schaffen, welches auch bei hochdynamischen Manövern eine Bestimmung einer Drehmomentengröße ermöglicht.
- [0010] Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe dadurch gelöst, daß ein gattungsgemäßes Verfahren so durchgeführt wird, daß eine hochdynamische Spurwechselsituation anhand der Bewertung von Größen ermittelt wird, die das gewünschte und tatsächliche Fahrverhalten des Fahrzeugs und eine Regelungssituation wiedergeben, und daß in Abhängigkeit von dem Bewertungsergebnis ein Eingriff in die Bremsen vorgenommen wird, der zu einer Verringerung des Schwimmwinkels führt.
- [0011] Hierdurch wird eine Drehmomentgröße auf Basis der Schwimmwinkelgeschwindigkeit zu einem Zeitpunkt gebildet, zu dem der ESP-Regler zwar aktiv ist und ggf. eine Drehmomentgröße aus der Differenz zwischen Referenz- und Istgierwinkelgröße berechnet, aber in den Radbremsen des Fahrzeugs kein Zusatzgiermoment erzeugt wird, da die Richtung der Gierwinkelgeschwindigkeitsdifferenz bereits gewechselt hat. Dies gilt bei z. B. hochdynamischen Spurwechseln, in denen das Fahrzeug beim ersten Übersteuer-Regelungseingriff zwar stabilisiert wird, nach dem Rück- bzw. Gegenlenken aber in der Gegenrichtung stärker übersteuert und der Regelungseingriff dann zu spät erfolgt.
- [0012] Der Eingriff in die Bremsen wird nach dem erfindungsgemäßen Verfahren zu einem Zeitpunkt vorgenommen.

zu dem ein Ruheband um den Richtungswechsel von einer Differenzgröße durchlaufen wird, die aus einer Ist- und Referenzgierwinkelgeschwindigkeit gebildet wird bzw. aus der berechneten Differenzgröße kein Zusatzgierrmoment in den Radbremsen zugelassen wird, also zu einem Zeitpunkt, an dem die "Gierratenregelung" nicht fahrerunabhängig in das Fahrverhalten des Fahrzeugs eingreift.

[0013] Das erfindungsgemäße Verfahren ermittelt die Fahrsituation (z. B. hochdynamischer Spurwechsel), nämlich ob eine Rück- bzw. Gegenlenksituation vorliegt, anhand der Bewegungsrichtung der folgenden Größen

Ist-Gierwinkelgeschwindigkeit

Referenzgierwinkelgeschwindigkeit

Lenkwinkel oder Lenkradwinkel

Schwimmwinkelgeschwindigkeit

Querbeschleunigung.

[0014] Ist die Bewegungsrichtung der Größen Gierwinkelgeschwindigkeit, Referenzgierwinkelgeschwindigkeit, Lenkwinkel oder Lenkradwinkel und Schwimmwinkelgeschwindigkeit an der Hinterachse gleich und die Bewegungsrichtung der Querbeschleunigung an der Hinterachse unterschiedlich zu diesen Größen und liegt deren Betrag über einem Schwellenwert  $S$  ( $|a_{\text{Quer,HA}}| > S$ ), liegt ein hochdynamischer Spurwechsel vor. Darüber hinaus wird anhand einer Regelungssituation ein Status quo ante des Gierratenreglers ermittelt, nämlich ob bei aktiver Gierratenregelung ohne Bremseneingriff, wie z. B. beim Durchlaufen des Ruhebandes der Differenzgröße aus Referenz- und Istgierwinkelgeschwindigkeit, vor deren Eintritt in das Ruheband eine Gierratenregelung erfolgt ist.

[0015] Es ist zweckmäßig, daß frühzeitig aus einem Differenzwert, der aus der Schwimmwinkelgeschwindigkeit und einem Grenzwert der Schwimmwinkelgeschwindigkeit gebildet wird, eine Drehmomentgröße berechnet wird, welche zur Festlegung der Drücke für die Bremsen dient, die erst in die Bremsen eingesteuert werden, wenn eine vorangegangene Gierratenregelung beim Einlenken festgestellt wird.

[0016] Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in der Zeichnung dargestellt und wird im Folgenden näher beschrieben.

[0017] Es zeigen

[0018] Fig. 1 ein Blockschaltbild zur Beschreibung des Reglers zur Berechnung der Drehmomentgröße;

[0019] Fig. 2 Blockschaltbild zur Beschreibung eines Tiefpaßfilters;

[0020] Fig. 3 erfindungsgemäß ausgewertete Signalfolgen;

[0021] Fig. 4 ein Flußdiagramm mit einer Entscheidungslogik innerhalb der Schwimmwinkelgeschwindigkeits-Regelung.

[0022] Ein Maß für die Stabilität eines Fahrzustandes, nämlich die Fahrstabilität, ist der vorherrschende Schwimmwinkel  $\varphi$  sowie dessen zeitliche Ableitung, die Schwimmwinkelgeschwindigkeit  $\dot{\beta}$ . Anhand der gefilterten Fahrzeugreferenzgeschwindigkeit  $v_{\text{Ref,fil}}$ , der gemessenen Fahrzeugquerbeschleunigung  $a_{\text{quer}}$  sowie der gemessenen Gierwinkelgeschwindigkeit  $\dot{\Psi}_{\text{Mess}}$  wird eine Schwimmwinkel-Geschwindigkeitsbestimmung vorgenommen.

[0023] Die Schwimmwinkelgeschwindigkeit  $\dot{\beta}$  wird aus den gemessenen bzw. aus anhand gemessener Werte berechneten Größen folgendermaßen nach rein physikalischen Betrachtungen ermittelt:

Die Beschleunigung  $a_{\text{quer}}$  des Fahrzeugschwerpunktes quer zur Längsachse in der Bewegungsebene wird gemessen. Der Schwerpunkt des Fahrzeugs bewegt sich mit dem Geschwindigkeitsvektor  $\underline{v}$  relativ zu einem Intertialsystem:

$$\underline{v} = v \begin{bmatrix} \cos(\Psi + \beta) \\ \sin(\Psi + \beta) \end{bmatrix} \quad \text{F 1.1}$$

[0024] Dabei bezeichnet  $\Psi$  den Gierwinkel und  $\varphi$  den Schwimmwinkel. Der Beschleunigungsvektor  $\underline{a}$  ergibt sich als Ableitung nach der Zeit  $t$  zu:

$$\underline{a} = \frac{d}{dt} \underline{v} = \dot{v} \begin{bmatrix} \cos(\Psi + \beta) \\ \sin(\Psi + \beta) \end{bmatrix} + v (\dot{\Psi} + \dot{\beta}) \begin{bmatrix} -\sin(\Psi + \beta) \\ \cos(\Psi + \beta) \end{bmatrix} \quad \text{F 1.2}$$

[0025] Der Beschleunigungssensor mißt die Projektion des Beschleunigungsvektors auf die Querachse des Fahrzeugs:

$$a_{\text{quer}} = \underline{a}^T \begin{bmatrix} \sin \Psi \\ \cos \Psi \end{bmatrix} \quad \text{F 1.3}$$

$$a_{\text{quer}} = \dot{v} \sin \beta + v (\dot{\Psi} + \dot{\beta}) \cos \beta \quad \text{F 1.4}$$

[0026] Nach einer Linearisierung der trigonometrischen Funktionen ( $\sin \varphi = \varphi$ ;  $\cos \varphi = 1$ ) kann man die Gleichung umformulieren zu

$$\dot{\beta} = \frac{a_{\text{quer}}}{v} - \dot{\Psi} - \frac{\dot{v}}{v} \beta \quad \text{F 1.5}$$

[0027] Die Schwimmwinkelgeschwindigkeit  $\dot{\beta}$  kann nun entsprechend der obigen Differentialgleichung berechnet werden. Als Meßgröße gehen neben der Querbeschleunigung  $a_{\text{quer}}$  die Gierwinkelgeschwindigkeit  $\dot{\Psi}$ , die skalare Fahrzeuggeschwindigkeit  $v$  und deren zeitliche Ableitung  $\dot{v}$  ein. Zur Ermittlung von  $\varphi$  kann das  $\beta$  der vorherigen Rechnung numerisch integriert werden, wobei für die erste  $\beta$ -Bestimmung  $\dot{v} = 0$  angenommen wird. Eine Vereinfachung ergibt

sich, wenn generell der letzte Term vernachlässigt wird, so daß kein  $\psi$  bestimmt werden muß.

[0028] Im Folgenden wird Fig. 1 der  $\beta$ -Regler 10, der Teil des Giermomentenreglers ist, beschrieben. Das Programm errechnet aus zwei Eingangsgrößen das zusätzliche Drehmoment  $M_G$  um die Hochachse des Fahrzeuges, das notwendig ist, um ein stabiles Fahrzeugverhalten vor allem bei Kurvenfahrt zu erhalten. Das errechnete Drehmoment  $M_G$  ist Grundlage für die Berechnungen der in die Radbremsen einzusteuernenden Drücke. Als Eingangsgrößen stehen zur Verfügung

am Eingang 11:  $\dot{\Psi}_{Dpsip}$

am Eingang 12:  $\beta$

am Eingang 13:  $\alpha_{QuerHA}$

am Eingang 14:  $\delta$

10 am Eingang 15:  $\dot{\Psi}_{Ref}$

am Eingang 16:  $\dot{\Psi}_{Mess}$

am Eingang 28:  $\dot{\Psi}_{Dpsip}$

[0029] Der Wert am Eingang 11 ergibt sich als Differenz zwischen der gemessenen (Ist-)Gierwinkelgeschwindigkeit  $\dot{\Psi}_{Mess}$  und der mit Hilfe eines bekannten Fahrzeugreferenzmodells errechneten Referenzgierwinkelgeschwindigkeit  $\dot{\Psi}_{Ref}$ .

15  $\dot{\Psi}_{Ref}$

[0030] Der Wert an dem Eingang 11, nämlich  $\dot{\Psi}_{Dpsip}$ , wird zunächst einem Tiefpaßfilter 17 zugeführt.

[0031] Die Eingangsgröße 20 des Tiefpaßfilters nach Fig. 2 wird mit  $u$  die Ausgangsgröße 21 mit  $y$  bezeichnet. Die Ausgangsgröße 21 wird einem Register 22 zugeführt und steht bei der nächsten Berechnung als vorheriger Wert  $y(k-1)$  zur Verfügung. Der Ausgangswert 21 für die Berechnungsschleife errechnet sich dann nach folgender Formel

20

$$y(k) = \lambda \cdot y(k-1) + (1-\lambda) \cdot u \cdot k_p \quad \text{F 1.6}$$

wobei  $\lambda$  Werte zwischen 0 und 1 einnehmen kann.  $\lambda$  beschreibt die Wertigkeit der Tiefpaßfilters. Für den Grenzwert  $\lambda = 0$ , ist die Rekursionfunktion eliminiert: die vorhergehenden Werte  $y(k-1)$  haben für die Berechnung des neuen Ausgangswertes 21 keine Bedeutung. Je mehr sich  $\lambda$  dem Wert 1 nähert, desto stärker wirken die vorhergehenden Werte, so daß sich der aktuelle Eingangswert 20 nur langsam als Ausgangswert 21 durchsetzt.

25

[0032]  $k_p$  ist ein linearer Wertungsfaktor.

[0033] Die eben beschriebene Tiefpaßfilterung erfolgt für den Eingangswert 11 und führt zu dem gefilterten Wert 18.

30

[0034] Eine ebensolche Tiefpaßfilterung 19 in einem Tiefpaßfilter erster Ordnung erfolgt für die Eingangsgröße 12, nämlich für  $\beta$ . Der gefilterte Wert 23 wird einem nichtlinearen Filter 24 zugeführt. Dieser Filter hat die Aufgabe, für kleine Eingangswerte den Ausgangswert zu 0 zu setzen und für Eingangswerte, die über einen bestimmten Grenzwert liegen, einen um den Grenzwert reduzierten Eingangswert weiterzuleiten. Die Begrenzung erfolgt sowohl im negativen als auch im positiven Bereich. Der Grenzwert  $\beta_{th}$  kann eine fest im Programm implementierte Größen sein, aber auch Größen, die von weiteren Parametern abhängen, zum Beispiel vom Reibbeiwert zwischen den Reifen und der Fahrbahn. Der Grenzwert wird in diesem Fall gesondert als lineare Funktion des Reibwertes berechnet.

35

[0035] Die zwei Größen, nämlich 18 und 23, werden in einem weiteren Schritt 25 bzw. 26 mit je einem linearen Faktor gewichtet.

40

[0036] Diese Faktoren sind in der Regel fest im Berechnungssystem implementiert. Sie lassen sich größenordnungsmäßig aus entsprechenden Fahrzeugmodellen errechnen, benötigen aber im allgemeinen eine Feinabstimmung durch Fahrversuche. Auf diese Weise wird für jedes Fahrzeug bzw. für jeden Fahrzeugtyp ein entsprechender Satz von linearen Faktoren festgelegt. Ebenso können die Faktoren aber auch von weiteren Parametern abhängen, zum Beispiel dem Reibwert zwischen Reifen und Fahrbahn. Die Faktoren werden, nach der Feinabstimmung, in diesem Fall gesondert als lineare Funktion des Reibwertes berechnet. Die so gewichteten Eingangsgrößen 11, 12 werden addiert, wobei (Additionsglied 27) sich das zusätzliche Drehmoment  $M_G$  ergibt, das dem weiteren Berechnungsgang des Programms zugrunde gelegt wird. Das zusätzliche Drehmoment wird über Bremsdrücke an dem Fahrzeug umgesetzt. Das Programm arbeitet permanent, um stets aktuelle Regelgrößen parat zu haben. Ob diese Drehmomente allerdings an die Bremsen weitergegeben werden, hängt von einer Aktivierungslogik ab. Befindet sich das Fahrzeug in Rückwärtsfahrt, so wird die Übertragung vom  $M_G$  unterbrochen. Dasselbe gilt, wenn Fahrzeugstillstand erkannt wird oder wenn weder die Schwimmwinkelgeschwindigkeit  $\beta$  noch die Vorgabe für die Gierwinkelgeschwindigkeitsdifferenz  $\dot{\Psi}_{Dpsip}$  einen Betrag erreichen, der eine Regelung erforderlich macht.

50

[0037] Fig. 3 zeigt einen zeitlichen Verlauf der Signale  $\dot{\Psi}_{Dpsip}$  (Eingang 28),  $\beta_{HA}$  (Eingang 12),  $\alpha_{QuerHA}$  (Eingang 13),  $\delta$  (Eingang 14),  $\dot{\Psi}_{Ref}$  (Eingang 15) und  $\dot{\Psi}_{Mess}$  (Eingang 16) bei einem hochdynamischen Lastwechselmanöver, wie einem Spurwechsel, in schematischer Darstellung. Der Nulldurchgang, bei dem ein Richtungswechsel erfolgt, ist mit 29 und die nur schematisch dargestellten Schwellen für die  $\dot{\Psi}$ -Regelung mit 30, 31 und die nur schematisch dargestellten Schwellen für die,  $\beta$ -Regelung mit 60 bzw. 61 gekennzeichnet. In dem durch die Schwellen 30, 31 begrenzten Ruheband 32 um den Nulldurchgang 29 findet keine Regelung des zusätzlichen Drehmoments  $M_G$  auf der Basis einer Gierwinkelgeschwindigkeitsdifferenz statt. Wie die Signalfolge der Gierwinkelgeschwindigkeitsdifferenz  $\dot{\Psi}_{Dpsip}$  beispielhaft zeigt, wird die Gierwinkelgeschwindigkeitsdifferenz  $\dot{\Psi}_{Dpsip}$  beim Überschreiten der Schwelle 30 zum Zeitpunkt  $T_1$  bis zum Unterschreiten der Schwelle 30 zum Zeitpunkt  $T_2$  einer Regelung zugeführt, indem die Drehmomentgröße  $M_G$  berechnet wird, welche zur Festlegung von Druckgrößen dient. Die Druckgrößen erzeugen über die Radbremsen des Fahrzeugs ein Zusatzgiermoment, welches die gemessene Gierwinkelgröße zu der errechneten Gierwinkelgröße hinführt. In die Drehmomentgröße geht entsprechend die Schwimmwinkelgeschwindigkeitsdifferenz zwischen der ermittelten Schwimmwinkelgeschwindigkeit und dem Grenzwert  $\beta_{th}$  der Schwimmwinkelgeschwindigkeit beim Überschreiten des Grenzwertes ein. Die Regelung kann beispielsweise eine Übersteuer-Regelung sein, bei der sich das Fahrzeug schneller um die Hochachse dreht, als dies einer errechneten Referenz-Gierwinkelgeschwindigkeit entspricht. In diesem Fall ist die Seitenkraft am vorderen, kurvenäußeren Vorderrad zu senken. Dies erfolgt dadurch, daß an diesem Rad höhere Schlupfwerte eingesteuert werden. Die Regelung des Druckes in dem Rad erfolgt dabei so, daß für das Rad ein Koeffizient bestimmt wird, der den Zusammenhang zwischen Druckänderung und dem berechneten zusätzlichen Drehmoment  $M_G$  dar-

stellt. Die Signalfolge der Gierwinkelgeschwindigkeitsdifferenz  $\dot{\Psi}_{Dpsip}$  zeigt, daß das Fahrzeug nach dem ersten Übersteuer-Regelungseingriff stabilisiert wird, da die Gierwinkelgeschwindigkeitsdifferenz zum Zeitpunkt  $T_2$  in das Ruheband 32 eintritt. Der Signalverlauf der Gierwinkelgeschwindigkeitsdifferenz ändert dabei die Richtung hin zum Nulldurchgang 29 gegenüber dem ersten Einlenkmanöver, wo sich die Gierwinkelgeschwindigkeitsänderung von dem Nulldurchgang 29 entfernt. Tritt die Gierwinkelgeschwindigkeitsdifferenz in das Ruheband 32 ein, ist die Regelung weiterhin aktiviert, es wird jedoch kein Zusatzgiermoment in die Bremsen eingesteuert. Nach dem Rück- bzw. Gegenlenken übersteuert das Fahrzeug, was zum Zeitpunkt  $T_4$  in die Regelung führt. Wie dargestellt, überschreitet die Schwimmwinkelgeschwindigkeit an der Hinterachse  $\beta_{HA}$  vor Eintritt in die  $\dot{\Psi}_{Dpsip}$ -Regelung die Schwelle 60. Der damit verbundene Schwimmwinkel Aufbau wird durch eine Situationserkennung 33 (Fig. 1) verhindert, die eine frühzeitige  $\beta_{Early}$ -Regelung aktiviert. Hierzu wird in der Situationserkennung 33 die Fahrsituation "hochdynamischer Spurwechsel" ermittelt, da aufgrund der hohen Dynamik, die  $\beta$ -Regelung zu spät, nämlich zum Zeitpunkt  $T_5$ , in die Regelung eintritt. Der hochdynamische Spurwechsel wird anhand der Größen Ist-Gierwinkelgeschwindigkeit, Referenzgierwinkelgeschwindigkeit, Lenkwinkel oder Lenkradwinkel, Schwimmwinkelgeschwindigkeit und Querbeschleunigung ermittelt. Vorzugsweise geschieht dies durch eine Beobachtung von Bedingungen. Dabei wird in der Logik 34 der Situationserkennung 33 ermittelt, ob die Bewegungsrichtung (das Vorzeichen) der Größen Gierwinkelgeschwindigkeit, Referenzgierwinkelgeschwindigkeit, Lenkwinkel oder Lenkradwinkel und Schwimmwinkelgeschwindigkeit gleich ist.

[0038] Fig. 3 zeigt, daß diese beobachteten Größen in einem Zeitband 50 den Nulldurchgang 29 durchlaufen. Sind die Bewegungsrichtungen dieser Größen gleich, setzt die Logik 34 ein Bit (1) in der Ausgangslogik 35. In der Vergleichslogik 36 mit den Eingängen 12 und 13 werden die Schwimmwinkelgeschwindigkeit  $\dot{\beta}$  und die Querbeschleunigung am Hinterrad  $\alpha_{QuerRA}$  nach Maßgabe der Bewegungsrichtung verglichen. Sind die Bewegungsrichtungen gleich, wird der Schalter 41 geschlossen. Es erfolgt der Eintritt in die  $\beta$ -Regelung, indem im Multiplikationsglied 38 die gefilterte (24) Ausgangsgröße der Schwimmwinkelgeschwindigkeitsdifferenz mit 1 multipliziert wird.

[0039] Sind die Bewegungsrichtungen von  $\dot{\beta}$  und  $\alpha_{QuerRA}$ , wie in Fig. 3 dargestellt, nicht gleich, setzt die Vergleichslogik ein Bit (1) in der Ausgangslogik 35, wenn die Querbeschleunigung  $\alpha_{QuerRA}$  an der Hinterachse einen Schwellenwert  $S$  überschreitet. Darüber hinaus wird in der Logik 37 mit dem Eingang 28 der Situationserkennung 33 ermittelt, ob die Drehmoment-Regelung bzw.  $\dot{\Psi}_{Dpsip}$ -Regelung vor dem Eintritt in das Ruheband 29 beim Einlenken regelungsaktiv war, d. h. eine Regelungssituation mit einem ersten Regelgrieff in die Bremsen stattgefunden hat. Dieser Eingriff wird durch eine Beobachtung der Bedingung ermittelt, die bei einer  $\dot{\Psi}_{Dpsip}$ -Regelung beim Eintritt in das Ruheband 29 noch aktiviert ist. Beim Einsatz eines Zählers wird nach Eintritt in das Ruheband 29 der Zähler verringert, d. h. die  $\dot{\Psi}_{Dpsip}$ -Regelung ist noch aktiviert. Ist der Zählerstand dahingegen Null, ist vor Eintritt in das Ruheband 29 kein Übersteuer-Regelungseingriff erfolgt.

[0040] Die Logik 37 setzt in der Ausgangslogik 35 ebenfalls ein Bit (1), wenn die  $\dot{\Psi}_{Dpsip}$ -Regelung noch weiter arbeitet. Sind in der Logik 34, 36 und 37 die Bedingungen erfüllt, schaltet die Ausgangslogik 35 den Schalter 39 in die in Fig. 2 gezeigte Position. Die Schalter 39, 40, 41 stellen lediglich schematisch eine Schaltfunktion dar, die mittels elektronischer Elemente oder als Softwarefunktion realisiert werden können. Der Eintritt in die  $\beta_{Early}$ -Regelung ist aktiviert. Die gefilterte (24) Ausgangsgröße der Schwimmwinkelgeschwindigkeitsdifferenz wird mit 1 multipliziert. Gleichzeitig wird der lineare Faktor ( $k_{\beta}$ ) 26 der  $\beta$ -Regelung verändert. Die Faktoren  $k_{\beta}$  werden als lineare Funktion des Reibwertes nach der Beziehung  $k_{\beta} \cdot k_{corr}$  berechnet.  $k_{corr}$  steigt mit zunehmendem Reibwert an, so daß die  $\beta_{Early}$ -Regelung nicht nur bei Hochreibwert im Bereich von  $\mu = 6$  bis  $\mu = 1,2$ , sondern auch bei Niedrigreibwert kleiner  $\mu = 0,6$  anwendbar ist.

[0041] Auf der Basis der Schwimmwinkelgeschwindigkeitsdifferenz wird an dem Additionsglied 27 ein zusätzliches Drehmoment  $M_G$  gebildet, das dem weiteren Berechnungsgang des Programms zugrunde gelegt wird. Es wird nach einer Eintrittstotzeit (z. B. 5 Loops) ein Drehmoment auf der Basis der Schwimmwinkelgeschwindigkeitsdifferenz zu einem Zeitpunkt  $T_6$  berechnet, zu dem das Ruheband 29 um den Richtungswechsel noch von der Differenzgröße aus der Abweichung zwischen der Ist- und Referenzgierwinkelgeschwindigkeit durchlaufen wird. Das Drehmoment dient zur Festlegung der Drücke für die Bremsen.

[0042] Ausgang 42 der Situationserkennung 33 setzt ein Bit (0), wenn die Bedingungen für eine  $\beta$  und  $\beta_{Early}$ -Regelungen nicht erfüllt sind. Der Schalter 40 wird geschlossen. Der Ausgangswert des Filters 24 wird in dem Multiplikationsglied 38 mit Null multipliziert.

[0043] In Fig. 4 sind in Form eines Flußdiagramms die logischen Abläufe bei der  $\beta_{Early}$ -Regelung dargestellt. Logische Verzweigungen sind im Flußdiagramm als Rauten dargestellt. Ausgehend von einer gegebenen Situation wird in Raute 50 festgestellt, ob die Eintrittsbedingungen in die  $\beta_{Early}$ -Regelung erfüllt sind oder nicht. Liegt eine der Eintrittsbedingungen

- $\dot{\Psi}_{Dpsip}$ -Regelung ist aktiv
- die Größen  $\dot{\beta}$ ,  $\delta$ ,  $\dot{\Psi}_{Ref}$ ,  $\dot{\Psi}_{Mess}$  unterscheiden sich im Vorzeichen (der Bewegungsrichtung) von  $\alpha_{QuerHA}$
- der Betrag von  $\alpha_{QuerHA}$  ist größer als ein Schwellenwert  $S$  nicht vor, so werden die Eintrittsbedingungen der  $\beta$ -Regelung festgestellt. Werden diese erfüllt, erfolgt eine an sich bekannte  $\beta$ -Regelung. Werden diese Eintrittsbedingungen nicht erfüllt, wird ein stabiler Fahrzustand angenommen. Schalter 40 wird geschlossen, es erfolgt keine Regelung.

[0044] Liegen alle Eintrittsbedingungen einer  $\beta_{Early}$ -Regelung vor, so wird in Schritt 51 der lineare Faktor  $k_{\beta}$  (siehe Fig. 1, 24) nach  $k_{\beta} = k_{\beta} \cdot k_{corr}$ , mit  $k_{\beta}$  = linearer Faktor der  $\beta$ -Regelung und  $k_{corr}$  = Korrekturwert, berechnet. In Raute 52 wird abgefragt, ob die Eintrittstotzeit und der Grenzwert  $\beta_{th}$  der Schwimmwinkelgeschwindigkeit überschritten ist, also ob die aktuelle Schwimmwinkelgeschwindigkeit an der Hinterachse  $\beta_{ra}$  größer ist die Eintrittsschwelle  $\beta_{th_{in}}$ . Ist die Eintrittsschwelle überschritten, wird in Raute 53 überprüft, ob die Regelabweichung in einem Hystereseband liegt. Es erfolgt eine  $\beta_{Early}$ -Regelung. Bei Erfüllung der Bedingungen in Raute 52 wird im Schritt 54 das zusätzliche Drehmoment aus der Differenz von Schwimmwinkelgeschwindigkeit  $\dot{\beta}$  und dem Grenzwert  $\beta_{th_{out}}$  multipliziert mit dem

korrigierten Faktor  $k_{\beta}$  gebildet. Hat das Fahrzeug also einen Schwimmwinkel aufgebaut, wird in Raute 55 festgestellt, ob das Drehmoment aus der Gierwinkelgeschwindigkeitsdifferenz und der Schwimmwinkelgeschwindigkeitsdifferenz ungleich oder gleich ist, und im letzten Fall, im Schritt 57 kein zusätzliches Drehmoment aus der Schwimmwinkelgeschwindigkeitsdifferenz gebildet. Sind die Drehmomente dahingegen ungleich, wird die Bildung eines zusätzlichen Drehmoments in Schritt 56 zugelassen. Die Bedingung in Raute 55 stellt dabei nur ein Ausführungsbeispiel dar. Es ist selbstverständlich, daß auch ein zusätzliches Drehmoment errechnet werden kann, das das Drehmoment aus der Gierwinkelgeschwindigkeitsdifferenz berücksichtigt.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Regelung der Fahrstabilität eines Fahrzeugs, bei dem in Abhängigkeit von Eingangsgrößen eine Schwimmwinkelgeschwindigkeit ermittelt wird, und diese Schwimmwinkelgeschwindigkeit bei der Ermittlung der Drücke für die einzelnen Bremsen des Fahrzeugs berücksichtigt wird, so daß durch radindividuelle Bremseingriffe die Fahrstabilität erhöht wird, **dadurch gekennzeichnet**, daß eine hochdynamische Spurwechselsituation anhand der Bewertung von Größen, die das gewünschte und tatsächliche Fahrverhalten des Fahrzeugs und einen Regelungssituation wiedergeben, ermittelt wird und daß in Abhängigkeit von dem Bewertungsergebnis ein Eingriff in die Bremsen vorgenommen wird, der zu einer Verringerung des Schwimmwinkels führt.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Eingriff in die Bremsen zu einem Zeitpunkt vorgenommen wird, zu dem ein Ruheband (30, 31) um den Richtungswechsel (29) von einer Differenzgröße aus der Abweichung zwischen einer Ist- und Referenzgierwinkelgeschwindigkeit durchlaufen wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Eingriff in die Bremsen zu einem Zeitpunkt vorgenommen wird, zu dem eine Differenzgröße aus der Abweichung zwischen einer Ist- und Referenzgierwinkelgeschwindigkeit ermittelt wird, aber nach Maßgabe der Differenzgröße keine radindividuellen Bremseingriffe vorgenommen werden.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß der hochdynamische Spurwechsel anhand der Bewegungsrichtung der folgenden Größen bewertet wird:  
Gierwinkelgeschwindigkeit  
Referenzgierwinkelgeschwindigkeit  
Lenkwinkel oder Lenkradwinkel  
Schwimmwinkelgeschwindigkeit  
Querschleunigung.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Bewegungsrichtung der Größen  
Gierwinkelgeschwindigkeit  
Referenzgierwinkelgeschwindigkeit  
Lenkwinkel oder Lenkradwinkel  
Schwimmwinkelgeschwindigkeit  
gleich sein muß.
6. Verfahren nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, daß Bewegungsrichtung der Querschleunigung unterschiedlich zur Bewegungsrichtung der Größen Gierwinkelgeschwindigkeit, Referenzgierwinkelgeschwindigkeit, Lenkwinkel oder Lenkradwinkel und Schwimmwinkelgeschwindigkeit sein muß.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß der hochdynamische Spurwechsel in Abhängigkeit von einem Schwellenwert der Querschleunigung an der Hinterachse erkannt wird.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß aus der Differenz der Schwimmwinkelgeschwindigkeit mit einem Grenzwert eine Drehmomentengröße berechnet wird, welche zur Festlegung der Drücke für die Bremsen dient, die erst bei aktiver Gierratenregelung in die Bremsen eingesteuert werden.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -



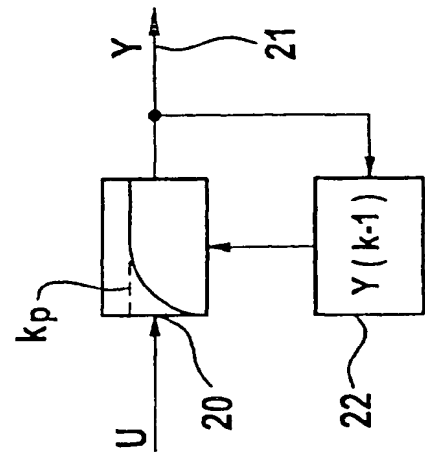
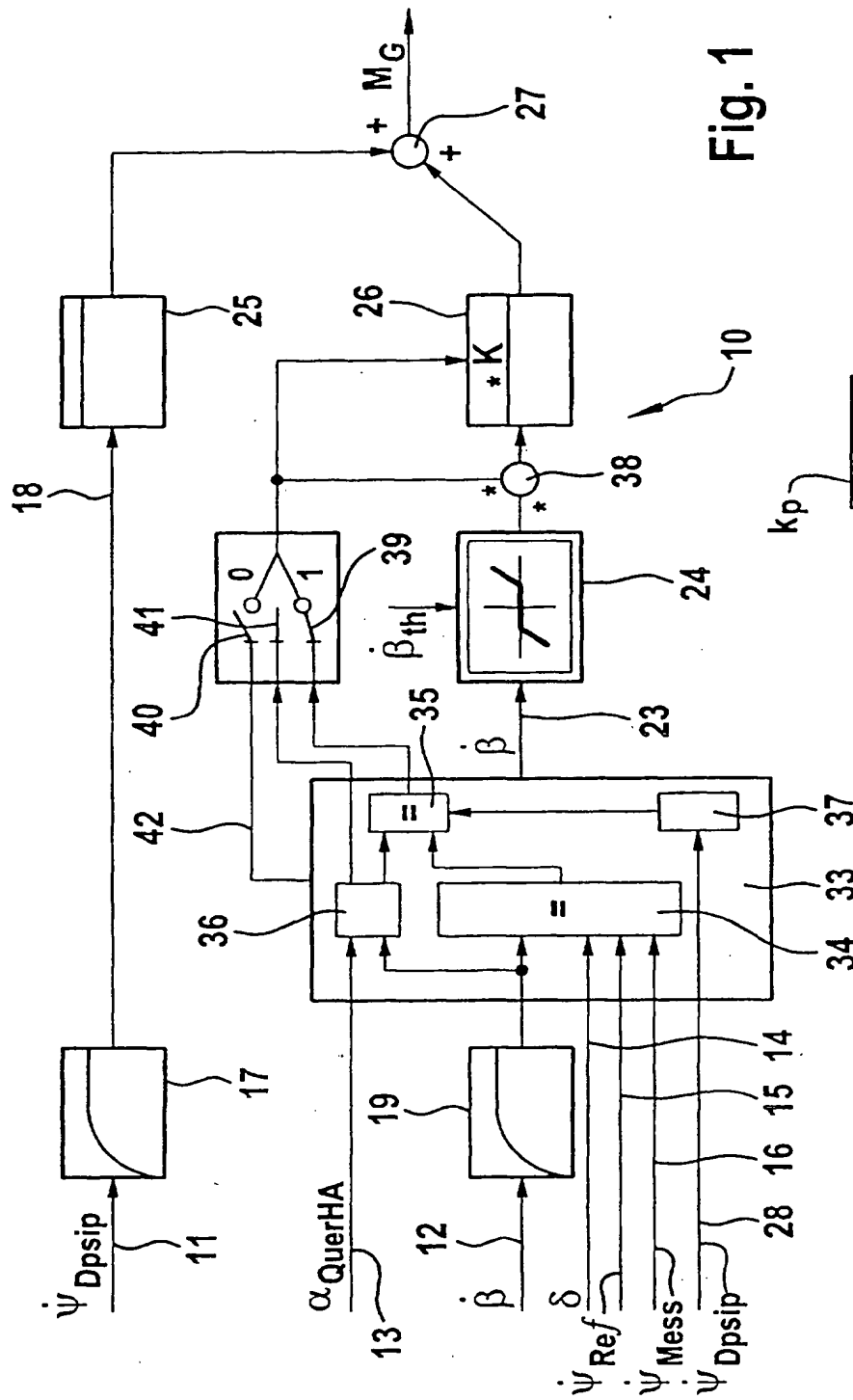


Fig. 3

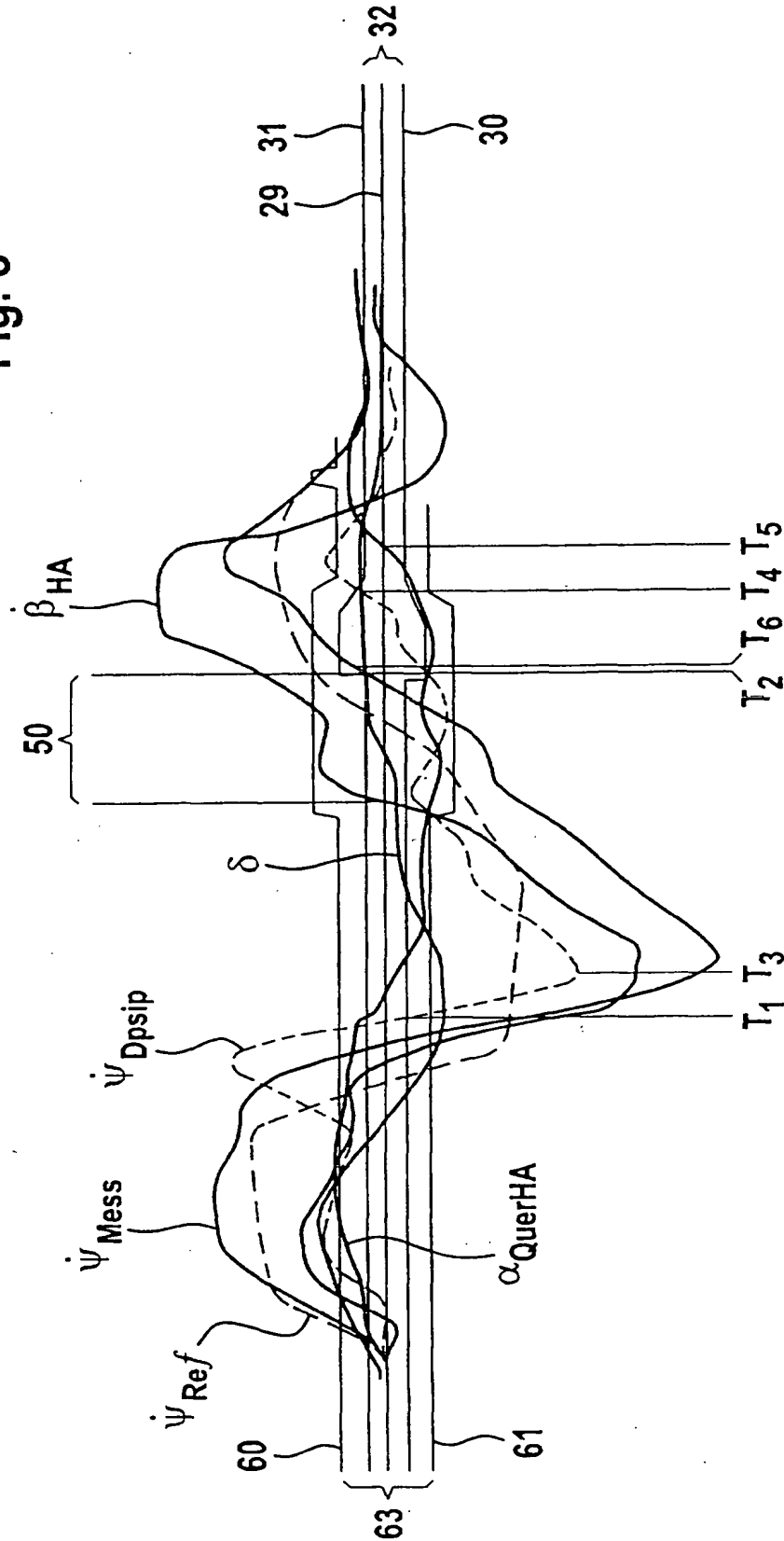


Fig. 4

